

參加 2016 年東亞電力技術研討會

研提人單位：台灣電力股份有限公司 綜合研究所

職稱：所長、研究發展企劃室主任、電力研究室電機資深
研究專員、儀器組電驛檢修專員

姓名：蒯光陸、范振理、廖政立、林閔洲

參訪期間：105 年 9 月 6 日至 105 年 9 月 10 日

報告日期：105 年 10 月 7 日

(本報告請檢送 1 式 3 份)

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 2016 年東亞電力技術研討會

頁數 31 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人事處/陳德隆/ 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

蒯光陸/台灣電力公司/綜合研究所/所長/ 2360-1001

范振理/台灣電力公司/綜合研究所/研究發展企劃室主任/ 2360-1170

廖政立/台灣電力公司/綜合研究所/電力研究室電機資深研究專員/ 8078-2268

林閔洲/台灣電力公司/綜合研究所/儀器組電驛檢修專員/ 8078-2379

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會

出國期間：105 年 9 月 6-10 日 出國地區：大陸

報告日期：105 年 10 月 7 日

分類號/目

關鍵詞：東亞電力技術研討會，電力系統自動化，再生能源，智慧配電，試驗與檢驗，材料。

內容摘要：(二百至三百字)

- (一) 2016 東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop) 將於 9 月 6-10 日在大陸北京舉行，本項研討會的會員機構除本所外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)、韓國電氣技術研究所(KERI)。
- (二) 本屆研討會輪由 CEPRI 主辦，共同討論(Plenary Session)主題為 Power Automation and ICT Application，分組討論(Technical Session) 主題包括：Smart Utilization of Power & Energy、Power System Analysis and Operation、Renewable Energy and Integration、Maintenance and Smart Distribution Network、Testing & Measurement、Materials, New Technologies and others。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

壹、出國任務與行程	1
貳、開會內容.....	2
一、 Plenary Session	2
二、 Technical Session	13
(一) Power System Analysis and Operation	13
(二) Smart Utilization of Power & Energy	13
(三) Maintenance and Smart Distribution Network	15
(四) Testing & Measurement	22
(五) Renewable Energy and Integration	23
(六) Materials, New Technologies and others	24
三、 技術參訪	28
參、心得與建議.....	29
肆、會議照片	31

壹、出國任務與行程

2016 東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop) 將於 9 月 6-10 日在大陸北京舉行，本項研討會的會員機構除本所外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)、韓國電氣技術研究所(KERI)。

本屆研討會輪由 CEPRI 主辦，共同討論(Plenary Session)主題為 Power Automation and ICT Application，分組討論(Technical Session)主題包括：Smart Utilization of Power & Energy、Power System Analysis and Operation、Renewable Energy and Integration、Maintenance and Smart Distribution Network、Testing & Measurement、Materials, New Technologies and others。

本公司由蒯所長擔任領隊，帶領范主任振理(發表 R&D 現況)及四位研究人員(發表 7 篇論文)，與中、日、韓交流意見。

出國行程如下:

日期	活動內容
9 月 6 日(二)	台北→大陸北京(往程)
9 月 7 日(三)	參加東亞電力電力技術研討會
9 月 8 日(四)	參加東亞電力電力技術研討會
9 月 9 日(五)	技術參訪
9 月 10 日(六)	大陸北京→台北(返程)

貳、開會內容

一、Plenary Session

(一) 本屆全會(Plenary Session)主題是電力自動化和資通訊技術的應用 (Power Automation and ICT Application)，依序報告之內容主題、單位與報告人如下：

1. 智慧變電所高可用性網路簡介(Introduction of High Availability Networks for Smart Substation), 韓國 KERI, Dr. Kim Young-sun。
2. 智慧電網用網路安全評估模擬器的需求定義(Requirements Definition of Smart Grid Simulator for Cyber Security Evaluation), 日本 CRIEPI, Mr. Noriyuki Ueda。
3. IEC 61850 先導系統與 ICT 於未來電力自動化之應用簡介(Overview of IEC 61850 Based Pilot Systems and ICT for Future Power Automation Applications), 台灣 TPRI, Mr. Jen-Li Liao。
4. 電網互動運行的協同控制 (The Cooperative Control for the Interactive Grid Operations), 中國 CEPRI, Dr. Yong Taiyou。

(二) 茲簡述各報告主題之內容如下：

1. 智慧變電所高可用性網路簡介

由 KERI 資深研究員 Dr. Kim Young-sun 現場報告並提供之投影資料主要簡介智慧變電所高可用性網路並行備援協定 (PRP, Parallel Redundancy Protocol)、高可用率無縫備援協定 (HSR, High availability Seamless Redundancy)以及與同步相關之精確時間協定(PTP, Precision Time Protocol)。智慧變電所為了達到無縫網路備援和精確時鐘同步，HSR/ PRP 和 PTP 分別使用 IEC 62439-3 和 IEEE 1588 標準。HSR 使用具有兩個以太網埠的 HSR 節點(DANH; 具有 HSR 協定的雙連接節點)。源端 DANH 通過使用兩個以太網端口在兩個方向上發送重複的以太網封包。目的端 DANH 從兩個方向接收複製的以太網封包，並丟棄它們中的一個。通常 HSR 用於環形拓撲。對於 PRP 而言，PRP 節點連接到兩個獨立的以太網路。PRP 源節點通過兩個以太網發送重複的以太網封包。PRP 目的節點從兩個以太網接收複製的以太網封包，並丟棄其中一個。PTP 提供在奈秒範圍內的同步網路時鐘，這在變電所自動化中不可或缺的。所有網路設備由 grand master, ordinary and transparent 時鐘同步。他也報告對於 IEC 61850 國際標準（電力公用事業自動化通信網路和系統）中規定的變電所自動化的功能需求調查。變電所自動化的功能需求通常是針對故障的時間延遲或響應時間而言。因此在本報告中他提出一個即時模擬及硬體環型測試平台。在個別分享其 HSR / PRP 功能測試計劃之後，並提出使用 HSR / PRP / PTP 真實系統級測試的場景以支援保護性能之準確預測。

其報告大綱如下

- 智慧變電所
- 高可用性網路
- 網路的未來方向
- KERI 的相關研究

內容重點如下:

他先以 4 張圖片說明智慧變電所相關之變電所自動化、現代的 Process bus、更高效率可靠及環保、IEC 61850 通訊是關鍵。

其次以 10 張圖片說明高可用性網路，含:在 SA 中恢復延遲的要求、通信備援要求無縫“零”切換時間、IEC62439-3 圖 1 典型的 PRP 是雙星形拓撲、IEC62439-3 圖 6 PRP 框架、IEC62439-3 圖 11 典型的 HSR 是環形拓撲、IEC62439-3 圖 22,23 沒有 VLAN 標籤及具有 VLAN 標籤的 HSR 框架、IEC62439-3 圖 13 一個大 HSR 環→兩個小 HSR 環使用兩個獨立網路的拓撲的 HSR 示例、IEC TR 61850-90-4 圖 51 PRP / HSR 變電所網路、ABB IEC 61850 特殊報告環形 HSR 及使用 PRP 的系統概述、好處/目標刪除重複/不影響高層協定。

High Availability Network

Requirements for recovery delay in SA

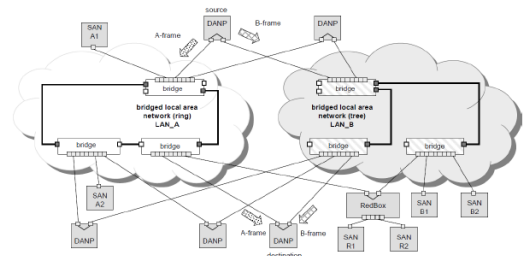
Communicating partners	Service	Application recovery tolerated delay	Required Communication Recovery Time S
SCADA to IED, client server	IEC 61850-8-1	800 ms	400 ms
IED to IED interlocking	IEC 61850-8-1	12 ms	4 ms
IED to IED, reverse blocking	IEC 61850-8-1		
Protection trip excluding Bus Bar protection	IEC 61850-8-1	8 ms	4 ms
Bus Bar protection	IEC 61850-9-2 on station bus	< 1 ms	Bumpless
Sampled Values	IEC 61850-9-2 on process bus	Less than some few consecutive samples	Bumpless

< Table7, IEC 61850-5 >



High Availability Network

Typical PRP is a double star topology



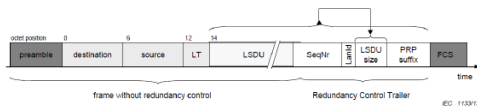
< PRP example of general redundant network, Fig. 1, IEC 62439-3 >



High Availability Network

PRP frame

- Extended by RCT
- RCT consists of:
 - 16-bit sequence number (SeqNr)
 - 4-bit LAN ID (LanID)
 - 12-bit frame size (LSDsize)
 - 16-bit suffix (PRPsuffix)



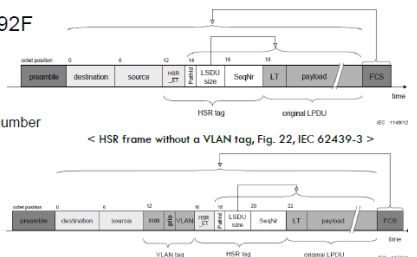
< PRP frame extended by an RCT, Fig. 6, IEC 62439-3 >



High Availability Network

HSR frame

- Ethertype: 0X892F
- HSR tag
 - 4-bit path ID
 - 12-bit frame size
 - 16-bit sequence number



< HSR frame without a VLAN tag, Fig. 22, IEC 62439-3 >

< HSR frame with VLAN tag, Fig. 23, IEC 62439-3 >



接著以 1 張投影片說明網路的未來方向是廣域自動化和通信、基於狀態的管理、情境感知控制、與第三方解決方案的互操作性、備援架構、網路安全、線上狀態監測和資產管理。

最後以 4 張投影片報告 KERI 的相關研究: 以 C#、Simulink、HDL 設計之 PRP / HSR process bus 模擬器實作，基於 FPGA 的 HSR 原型，IEEE 1588 v2 的原型，以及 process bus 測試平台。

KERI's Related Research

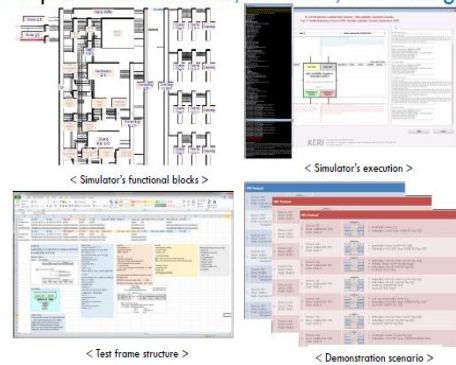
- Prototype for HSR based on FPGA



19/22
KERI

KERI's Related Research

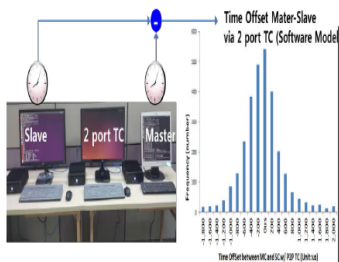
- PRP/HSR process bus simulator
 - Implemented with C#, Simulink, HDL design



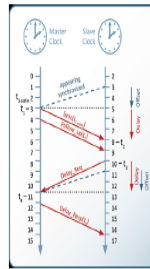
18/22
KERI

KERI's Related Research

- Prototype for IEEE 1588 v2



< Prototype for IEEE 1588 v2 and its measuring result >

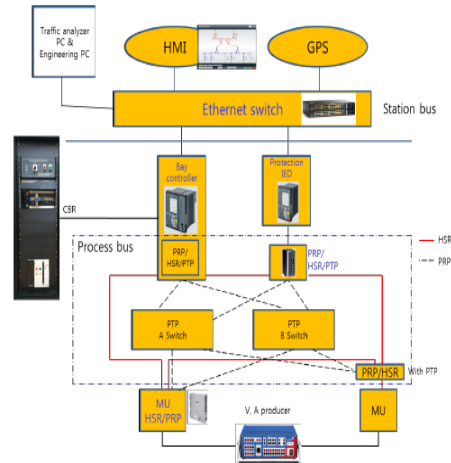


< Synchronization principle (from www.ixxat.com) >

20/22
KERI

KERI's Related Research

- Process bus Test bed



21/22
KERI

2. 智慧電網用網路安全評估模擬器的需求定義

日本 CRIEPI, Mr. Noriyuki Ueda 研究員現場報告之題目重點是針對 SCADA 系統和智慧電網之網路安全、風險評估及 IEC62443 標準，其摘要如下:電力公司周圍的環境已經改變。首先，再生能源的引進正在推進。第二，基於現成和標準化技術的系統正在普及。第三，電力公司正在進行電力系統改革。最後，網路攻擊變得越來越複雜。考慮電力公司的這些變化，模擬智慧電網的試驗平台可以有效地分析和評估與智慧電網 SCADA 系統相關的風險。這些試驗平台也可用於培訓從事之工作人員對安全事故的反應。此試驗平台由於成本上考量雖然難以實作所有的國內電氣公司在大型智慧電網上的所有功能，但提出試驗平台所需的必要條件是重要的。在本簡報文稿中，也提出了一個模擬智慧電網的一部分，以進行風險評估和安全培訓的測試平台的需求定義過程。本報告過程是基於 IEC62443-2-1 標準化的網路安全管理系統

(CSMS, Cyber Security Management System)，重點關注在通過通信網路電氣設施及其控制器之間交換的控制信號，並提出智慧電網可為網路安全風險評估或安全培訓所需的功能的一部分，並展示了在構建和建置此類測試平台之前應該解決的技術問題。在報告過程中僅關注通信網路上的控制信號。一般來說，智慧電網由電氣設備、其監控控制設備、通信網路和電網組成。因此除了應該考慮經由通信網路的網路攻擊之影響，而且還應該考慮電氣設施和電網的物理行為。

其報告大綱如下

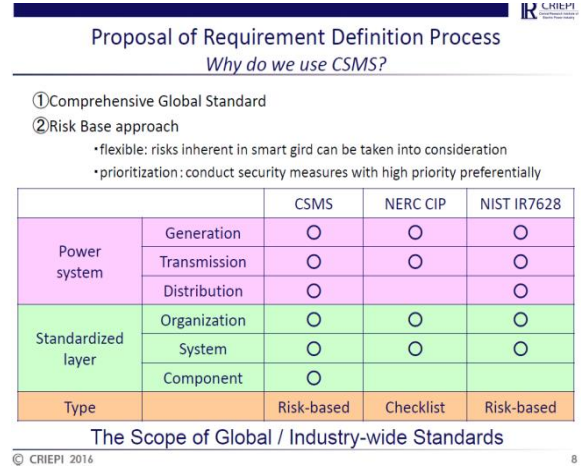
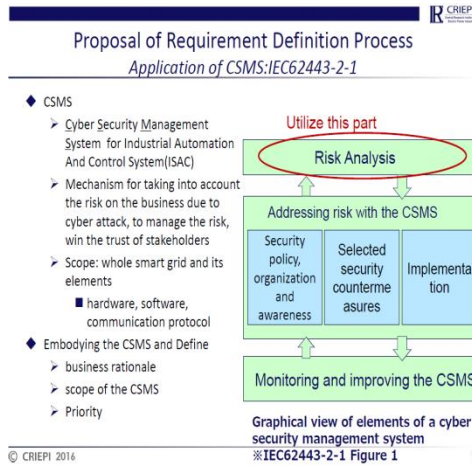
- 簡介
- 需求定義過程的提議
- 需求定義過程提議之細節
- 結論

內容重點如下:

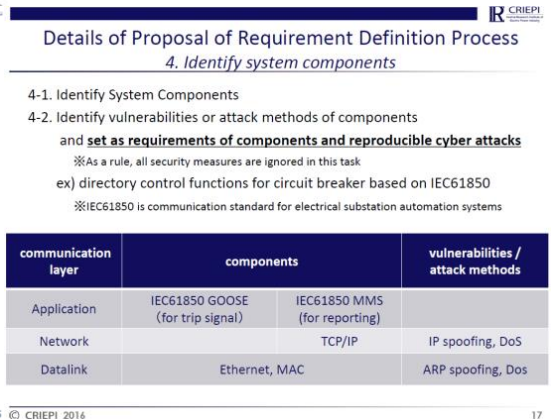
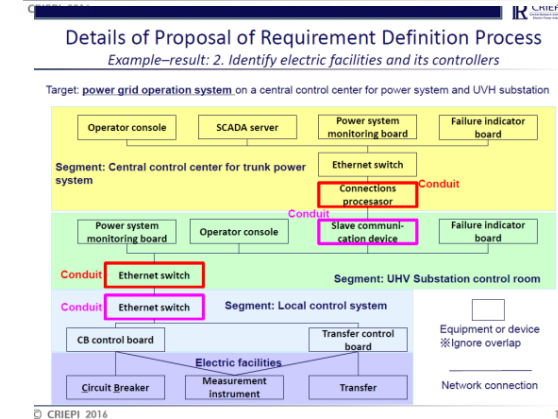
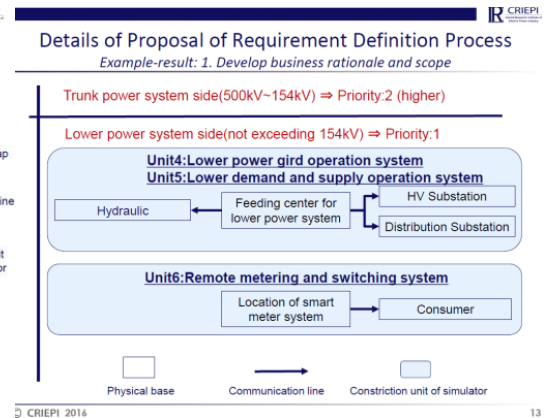
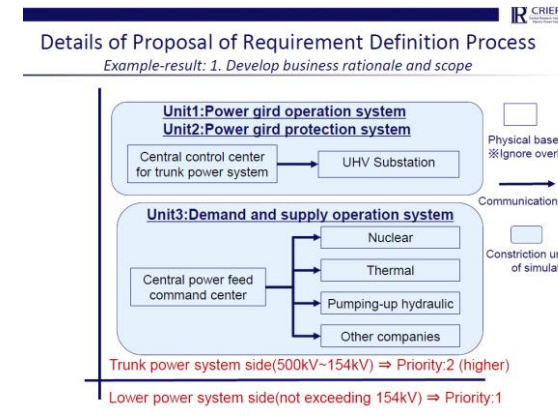
他先以 4 張圖片簡介本報告，首先是背景介紹，他說電力行業網路攻擊是複雜的，需要使用通用標準技術建立安全管理，需要使用智慧電網模擬來分析上述情況分析。定量風險分析和人員培訓可以使用模擬器來實現。接著提出三個存在的問題-模擬真實的智慧電網的全部功能的難度、電業的保安措施一致性問題、由智慧電網模擬器安裝功能限制的出錯事件。在簡介上也說明了本案智慧網格模擬器開發流程之目標範圍如下:



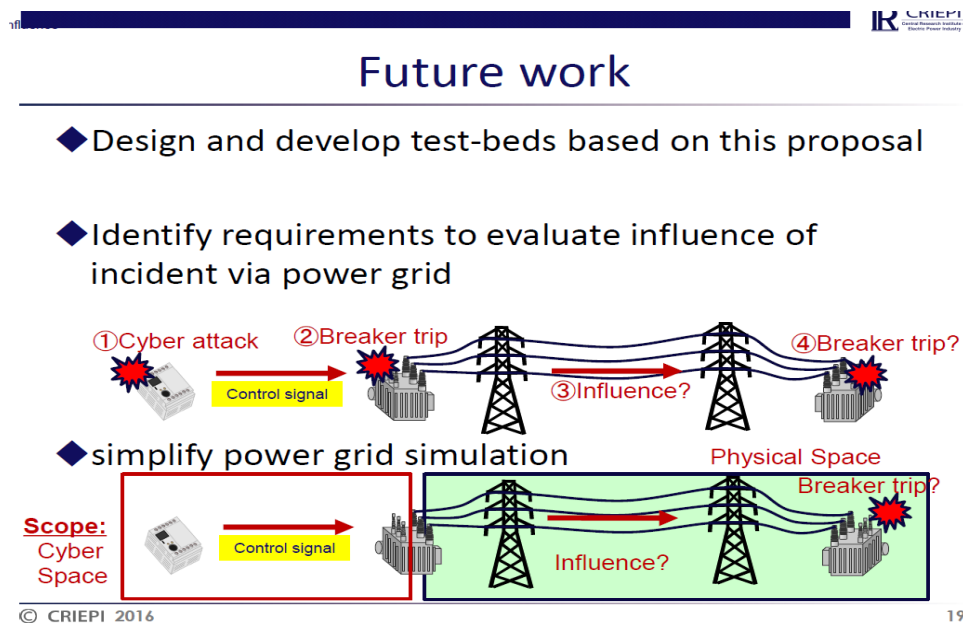
其次以 4 張圖片說明需求定義過程的提議，含：對上述 3 項問題之觀點、CSMS 的應用：IEC62443-2-1、為什麼要使用 CSMS、防止尚未擴展事故之發生。在這些投影片中他認為 CSMS 應用 IEC62443-2-1 優於 NERC CIP/NIST IR7628 標準。



接著以 8 張投影片來說明需求定義過程提議之細節，含提議需求定義過程有 4 個活動、制定企業理念和界定範圍、制定企業理念和界定範圍結果 1-1、制定企業理念和界定範圍結果 1-2、確定電力設備及其控制設備、確定電力設備及其控制設備結果 2、確定功能、確定系統組件。



最後以 1 張投影片報告其結論及 1 張投影片報告其未來之研究工作。其報告提出了智慧電網網路安全分析與評價用模擬器之定義過程需求、認清國際標準 CSMS IEC62443-2-1 的一部分安全管理，含智慧電網模擬器安裝功能的優先權和限制，該優先序位基本上與電業安全量測優先權相同、著眼於控制信號，防止事故的擴展造成供電故障。至於其未來之研究工作如下投影片所示。



3. IEC 61850 先導系統與 ICT 於未來電力自動化之應用簡介

此題目由本人(TPRI 廖政立)報告，先簡介 IEC 61850 標準是電力自動化最重要的國際標準，也是智慧電網核心標準之一。本文概述台電綜研所 IEC 61850 先導系統建置案例與 IEC 61850 ICT 相關模型關聯，以及其在台灣未來電力自動化之應用。台電綜研所已完成含 IEC 61850-9-2 通訊，具量測、監視、保護及控制功能的先導型單一變電所自動化系統，目前正擴充為測試三變電所間之 IEC 61850 線路保護功能，而 IEC 61400-25 相關的先導系統也正在展開中，配合電力自動化先導系統之建置所伴隨的 IEC 62351 的智慧電網資安議題也是進行的計畫之一。而 IEC 61850-80-xx, IEC 61850-90-xx TR/TS 所述相關電力自動化應用領域將是我們未來的一些先導型計畫。未來電力自動化之在智慧電網整體應用上將面臨許多挑戰，而政府及產業對 IEC 相關標準的重視，及再生能源政策推行之需求等，及台電正積極調整因應 ICT 議題之發展與變遷，這些都將有助於未來電力自動化應用領域擴展之順利推行。

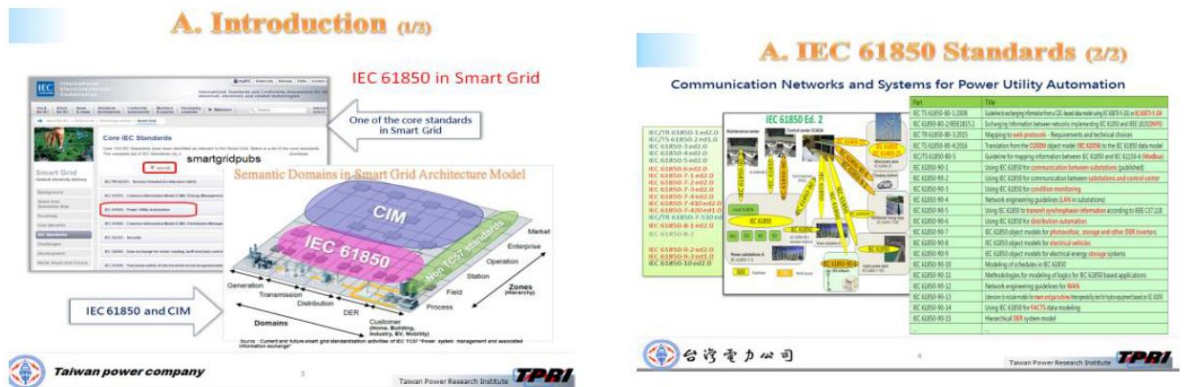
本報告大綱如下

- 簡介(電力自動化系統國際標準)
- IEC 61850 先導系統概述
- IEC 61850 ICT

➤ 結論

內容重點如下:

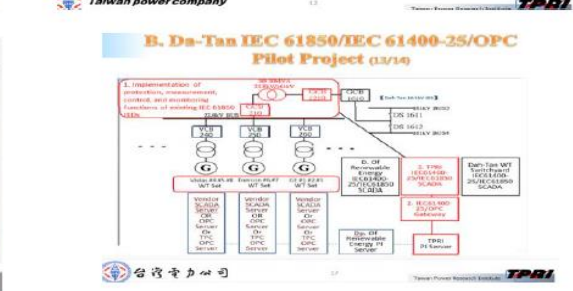
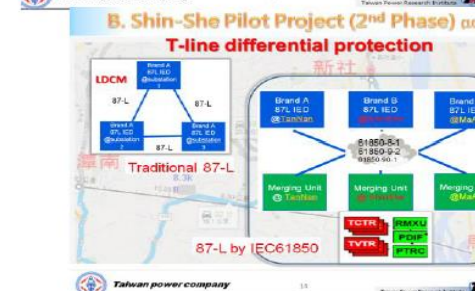
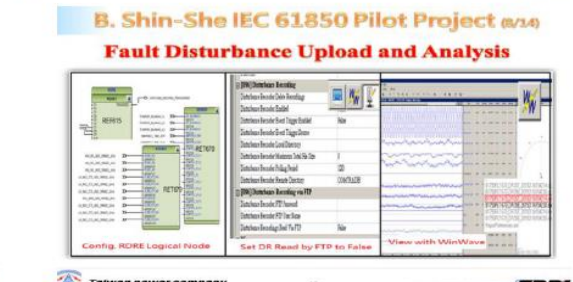
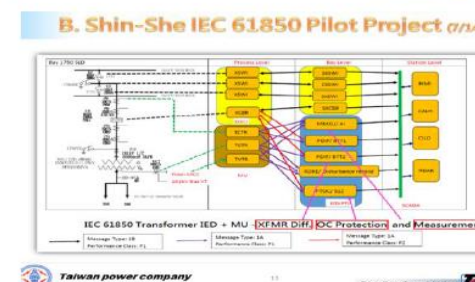
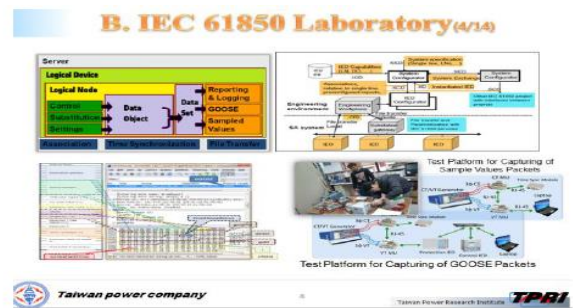
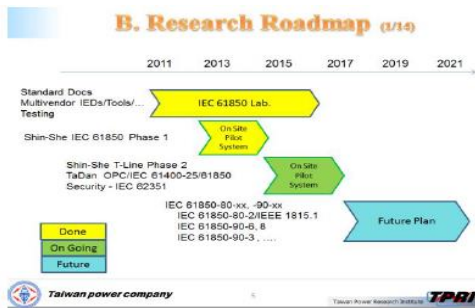
先以 2 張圖片開場白簡介電力自動化系統相關國際標準，說明各國電業相關單位因電力系統穩定性、能源效率、客戶服務品質、甚至環境問題等理由，大都已經意識到智慧電網的重要性。然而智慧網路涉及很多標準，而 IEC 網站已在網站 smartgridpubs 文件列出了所有相關的 IEC 標準，同時指出 IEC 61850 是智慧電網互操作性的 7 個核心標準之一。在智慧電網架構模型(SGAM)電力系統訊息本體論中，IEC 61850 與 CIM 標準同樣一樣重要。IEC 61850 標準現在被命名為電力公用事業自動化的通信網路和系統。IEC 61850 的範圍不僅僅是變電站自動化，而且擴展到變電所和許多領域之間及控制中心 SCADA，如風場、水力電廠、配電系統和分散式能源自動化。IEC 已經開發了一系列 IEC 61850 標準。第 1-10 部分中標準部分大都已經公佈，可看是 IEC 61850 的核心標準，至於 TS 或 TR 80 和 90 部分是擴展標準，是為滿足整個電力系統自動化的需要，其中大多數都在發展中。由於 IEC 61850 非常重要和複雜，因此 TPRI 團隊對這一系列標準進行一些研究。



其次以 14 張圖片概述台電 IEC 61850 先導系統之建置規劃及案例，含：先導型 IEC 61850 系統導入時程圖、全功能 IEC 61850 智慧變電站的架構示意圖、IEC 61850 實驗室配備配置及測試工具與建置目的、現場先導型須先於實驗室測試的情形、新社先導型 IEC 61850 系統控制中心、新社先導型 IEC 61850 Process 系統建置、各種 IEC 61850 保護功能導入、故障記錄功能之設計與導入、SCADA 與人機介面系統、新社二期先導型 IEC 61850 T-Line 線路差動保戶系統規劃與建置 1、新社二期先導型 IEC 61850 T-Line 線路差動保戶系統規劃與建置 2、大潭電廠 IEC 61850/IEC 61400-25/OPC 先導系統之建置目的、大潭電廠 IEC 61850/IEC 61400-25/OPC 先導系統架構與功能、基於 IEC 61850 擴展標準 80 和 90 TS 和 TR 先導系統規劃等。

TPRI IEC 61850 實驗室主要是先導系統測試，也用於教育和培訓以及試驗、測試和分析系統的的配置與互操作性。我們實作不同的控制塊並將其分配給相關的數據集，並使用系統配置工具使不同的製造商 IED 能夠彼此通信。使

用測試器和協議分析器，深入了解 SNTP，MMS，IEEE 1588，GOOSE，SV 協議。所有先導系統必須在實驗室中的不同場景下進行配置、功能實施和測試，然後才能安裝在實際場域中。新社 IEC 61850 是第一個先導系統。MU 和斷路器 IED 的應用可以節省大量的佈線和工作。此系統實作了不同的保護功能，如線路故障測距、變壓器差流和饋線過流等。也實作故障波形記錄器功能。新社第二階段 IEC 61850 系統正在進行，系統用 3 個不同廠牌共 10 個 IED，主要用於 IEC 61850 方式之 T 線差流保護試驗，三個變電所新社、譚南和馬安都參與了這個先導系統。大潭 IEC 61850/IEC 61400-25/OPC 系統，將開發一個 OPC / IEC 61400-25 Gateway，用於收集 GE、Enercon 和 Vestas OPC 風力發電機信息，並對風場變電所的 3 個現有 IEC 61850 IED 實作保護，測量，控制和狀態監視功能。最後，SCADA HMI 整合 IEC 61850 和 IEC 61400-25 的信息。



接著以 2 張投影片說明 IEC 61850 ICT 含:SGAM 中 IEC 61850 相關 ICT 標準、ICT 組件(Component)層設備選用原則-IEC 61850 Level A 認證。智慧電網架構模型 (SGAM) 框架常用來設計智慧電網使用案例。從互操作性的角度來看，無論是目前電網實作系統或未來實作於智慧電網系統的技術，可以用五層互操作維度 (業務、功能、信息、通信和組件) 及智慧電網平面另外兩個維度來呈現和分類。智慧電網使用信息和通信技術 (ICT) 基礎設施來提高領域層各類電能管理之遠程控制和自動化系統的效率。由於我們的研究團隊的使命主要是針對 IEC 61850 標準。所以我們只關注於紅色所示部分，在這個 3D

SGAM 框架中可看到我們關心的是 IEC 61850 標準中的 ICT。IEC 61850 標準系列的核心部分為 6,7,8,9,10，擴展部分為 80 和 90。對於上述我們的先導型使用案例中，我們將這些相關標準整合到 SGAM ICT 層和組件層如投影片所示。SGAM 中組件層所表示的在使用案例中需要什麼樣的硬體元件。在我們的 IEC 61850 實驗室和現場應用中，為了將來在智慧電網應用有更好的互操作性，我們偏愛選用由 UCAIug 授權認證實驗室如 DNV-GL、TUV、KETOP 或 KERI 所頒發具有 A 級證書的產品。



結論：從我們的實驗室及現場先導系統，我們體驗了 IEC 61850 標準的互操作性。來自不同供應商的 IED、MU、配置工具和 SCADA 系統可以一起正常工作。IEC 61850 標準不斷成長發展中，核心部分標準和支持擴展部分的 TS/TR 可用於整個電力公用事業自動化。61850 內的標準化 ICT 實現了電力系統自動化的互操作性。所有先導系統都為 TPC 智能電網政策做準備。然而，要將電力自動化整合到智能電網中，預期將許多面臨挑戰。隨著政府和電業對 IEC 相關標準的關注以及對再生能源政策的推動，TPRI 正積極整合和轉型 ICT 應用問題，這將有助於開發未來電力自動化應用在智能電網的應用研究的一些案例。

4. 電網互動運行的協同控制

由中國國家千人計畫特聘專家雍太有博士所報告的「電網互動運行的協同控制」重點涵蓋電網互動運行、協同控制、智慧功率單元、彈性負載、分佈式自治控制、多重代理。他說明隨著智慧電網技術和資訊技術的發展，未來電網運行將從支援依負載而定的集中控制演變為支援“電源-電網-負載”相互作用的分散式自主控制。協同控制是電力系統交互操作的未來，以確保系統的安全性，支援參與者的自我決策。本文主要介紹了系統運行和控制的演進，解釋了未來電網中彈性負載的普遍存在以及智慧功率單元的三重特性，提出了一種用於電網交互式運行的多代理控制結構，實現多級協同控制，並展示了分佈式協同控制在電網電力平衡和頻率控制中的兩種應用。

其報告大綱如下

- 電網演進及其操作之挑戰
- 互動電網運行的協同控制

- 互動協同控制的模擬
- 結論

內容重點如下：

他以 3 張圖片說明電網演進及操作上之挑戰

以階層圖說明電網演進：物理屬性層->情境掌握層->自主互動層對應到電力網->監控通訊網->商業網路：電力網由發、輸、配及用戶等實體屬性構成，藉由通訊網路對其狀態、趨勢及控制情況掌握，進而以商業網路達成合同、競標、交易、共享之自主互動功能。

利用智慧電力單元(IPU)圖說明各層屬性及其關係。物理屬性輸出 IPU 狀態->通信屬性結合並輸出 IPU 狀態及外部信息->智慧屬性提供控制策略調控物理層參數...。其中物理屬性：描述 IPU 的物理關係和參數：P, Q, V, I, f, R, L, C 等。智慧屬性：描述 IPU 的決策機制：控制策略，效率，滿意度，風險等。通信屬性：描述 IPU 與其他設備之間的通信：協議，時間延遲，位錯誤，中斷等。

電網操作之挑戰來自再生能源的增加將導致火力電廠安裝更少，並且缺乏調節能力，增加發電的可變性。以及由於 EV、DR、DC 和 ES 等快速發展，顯著增加了彈性負載，但是大量的 DER 不能被容易地檢測和精確控制。



其次以 20 張圖片說明在互動電網運行的協同控制，首先說明彈性負載的概念本意是可以在給定範圍內改變其功率需求的負載，或者將功率需求從一個時間區間轉移到另一個時間區間，以滿足電力系統運行的需要。現在其延伸意義是可調或可轉換負載，如電動車，儲能，分佈式發電，微電網等。其他圖片說明含 DR 潛力、快速 DR 的潛力：設定點調整、彈性負載的角色、負載可行性、最佳調度和分散式控制的整合、先進互動控制 1、先進互動控制 2、案例研究：HVAC 的協同負載控制、彈性 HVAC、同質 HVACs 的聚合模型、HVAC 的分散式控制、HVACs 分散式控制的模擬、彈性負載 AGC 控制、協同控制方案、分散式控制策略(1)、分散式控制策略(2)、離散化 -策略(1)、模擬方塊圖、模擬結果等。

Concept of Flexible Load

- Connotation:** The loads that can change their power demand in a given range or shift the power demand from one time interval to another to meet the need of power system operation.
- Extension:** Adjustable or shiftable loads such as EVs, energy storage, distributed generation, micro-grids, etc.

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

Feasibility of Load

Electric Vehicle

Demand Response

Microgrid

Energy Storage

FERC 2009 DR Report

US Peak Demand, by Scenario

CEPRI 2012 Flexible DR Report

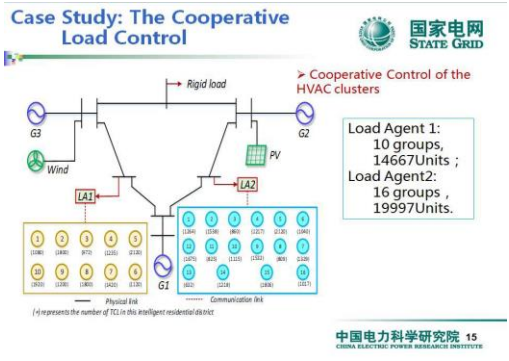
DR effect on peak load in China

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

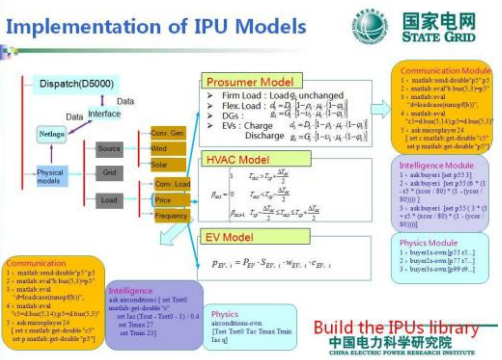
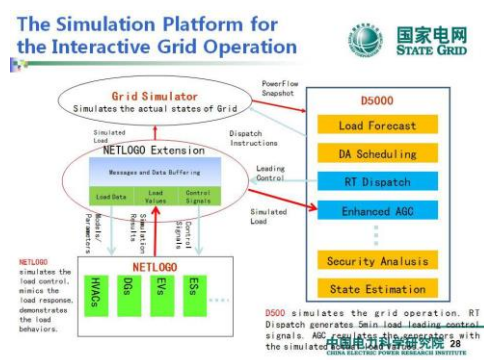
Role of Flexible Load

Resources	Products				
	Regulation	Flexibility	Contingency	Energy	Capacity
Agricultural Pumping			✓	✓	✓
Commercial Cooling	✓	✓	✓	✓	✓
Commercial Heating			✓	✓	✓
Commercial Lighting	✓	✓	✓		✓
Commercial Ventilation	✓	✓	✓		✓
Residential Cooling	✓	✓	✓	✓	✓
Residential Heating	✓	✓	✓	✓	✓
Data Centers			✓	✓	✓
Municipal Pumping				✓	✓
Refrigerated Warehouses				✓	✓
Wastewater Pumping				✓	✓

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



接著以 6 張圖片說明互動協同控制的模擬，分別為用於互動式電網操作模擬平台，基於 NETLOGO 的 MAS 環境，IPU 模型實作，基於 NETLOGO 的實作，示範例：Prosumer 反應模擬(1)，示範例：Prosumer 反應模擬(2)。



最後之結論摘要為:

- 互聯網、智慧電網和電力市場的技術進步將給電力系統帶來革命性的變化。電力系統將是一個商業網路、監控通訊網路和電力網路全部整合在一起的複雜網路。電力系統的運行將發生巨大變化。電力系統組件將成為具有三個共同屬性的智慧電力單元：物理屬性，智慧屬性和支援與他人的互動和實現自我決定的通信屬性。
- 分散式發電，需求響應，電動車和儲能的透通顯著增加了負載的彈性。彈性負載將成為參與電網運行的重要調節資源。
- 彈性負載將主動響應在價格變動、調度和頻率反映的操作需求。分散式控

制策略可以應用於協調大量單一彈性負載的行為。

二、Technical Session

(一) Power System Analysis and Operation

本 session 共有 4 篇簡報，中國、與本所各 1 篇，韓國 2 篇，其中中國提出文章是「System Connection Schemes for the First $\pm 1100\text{kV}$ UHVDC Project」，簡報中說明超高壓 DC 輸電線路計畫架構，根據系統電力潮流及故障分析，最後提出可行之線路架構建議。

本所所提簡報為「Analysis of a Generator Fault Instance by Digital Simulation」，在簡報中說明本公司係以即時數位模擬系統，協助發電機事故診斷，找出肇因以避免再次發生，提供分析結果與診斷經驗予各國參考。

韓國提出兩篇文章，第 1 篇為「Arm Current Control Method for Modular Multilevel Converter-type HVDC」，介紹多級模組化 HVDC 換流器之電流控制方法，使得於三相不平衡電壓條件下，依然能夠獲得良好的 HVDC 調控特性。第 2 篇係「Application of EMT-Phasor Hybrid Simulation on the Analysis of Sub-Synchronous Torsional Interaction」，此簡報說明次同步共振扭轉效應對發電機及氣渦輪機轉軸為重大影響因素，因此現象頻率低於 5Hz，傳統電磁暫態模擬無法模擬其動態響應，故提出一混合式模擬方式來分別處理電力系統頻率(50 或 60Hz)之發電機組動態響應，以及次同步扭轉效應所產生的影響。

(二) Smart Utilization of Power & Energy

電力與能源的智慧運用

此技術研討內容主要是談論 1. 中國大陸的智慧電力的發展趨勢以及標準。2. 利用智慧電表來蒐集使用者的用電情況，經過資料處理分類後再去判斷何時用電情況較高。3. 介紹無線 VPN 以及雲端平台在智慧電網上的應用。

智慧電力運用的發展與趨勢

目前在中國大陸有多樣的智慧電力運用技術狀況以及趨勢，如雲端計算、巨量資料、物聯網與行動網路...等等，主要是因為中央政府的頒佈了網路與智慧能源政策，期以提升電力智慧化程度。該簡報內容可分為四個項目 1. 電力智慧化的背景 2. 分散式電源、智慧建築與須量反應的發展與應用情況。3. 電力智慧化的標準。4. 電力智慧化的開發狀況與趨勢。

因為再生能源以及分散式電源的加入、用戶端的儲能設備投入運行、微電網、智慧建築、電動車...等等，不再像傳統的電力供應，只著重在供給用戶，而現在用戶也可以提供電力至電網。目前智慧電力科技的開發方針可分四種(1)負載調節，如電力供需平衡、電壓穩定以及諧波管理...等等。(2)能源

服務，如分散式電源加入的評估、能源效率評估以及用戶節能...等等。(3)資訊服務，如雲端計算以及巨量資料。(4)智慧市場。

以中國大陸來看，分散式太陽光電系統裝設於 35kV 等級以下，共有 6604MW 的太陽光電系統，且單一併網量皆低於 20MW，而未來裝設分散式發電系統增加，即可發展到智慧建築，進而智慧社區，而屆時必須要搭配相關的輔助服務，如配電自動化以及雙向服務等功能。

電力智慧化的標準目前著重在用戶端儲能部分，而在 2014 的儲能標準會議也頒布相關準則，主要有規劃與設計、設備測試與建製，以及併網操維護，並且也頒佈了 1 項國際標準、3 項工業標準以及 10 項企業標準。電力智慧化的發展趨勢，無論是用戶端儲能或者是分散式電源，必須要先有基礎建置，而當建製量達到一定程度時，則必須要有相關的輔助服務。

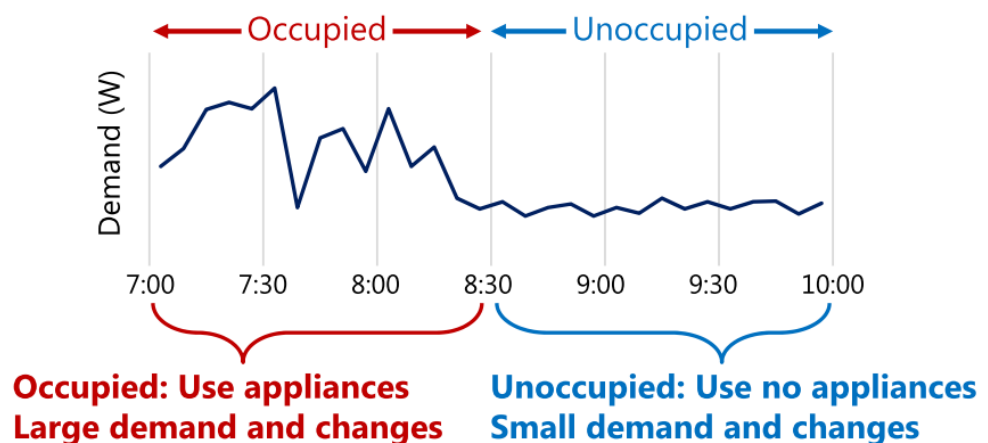
智慧電表用戶資料利用與判斷

日本於 2016 年 4 月正式進入電力自由化，將帶來激烈的市場競爭，因此也需要開發有用以及具有競爭力的服務項目，以供民眾選擇。日本在 2023 年以前會將智慧電表建置完成，而智慧電表的用戶資料應用方面有 1.節能 2.用戶負載資料分類 3.用電情況偵測。而此簡報是針對用電情況偵測進行探討，用電情況偵測可以來感應用戶是否有用電，如圖 1 所示。

將智慧電表取得的用戶資料，將資料正規化後再利用決策樹演算法，來進行資料分類，而分類後的資料來判斷用戶是否有在家中使用電器。資料判別後可提供給通路業者以及零售商來判斷用戶情況進而增加送貨效率以及銷售量。

Occupancy detection using smart meter data

◆ Association of occupancy and demand data



Detect occupancy state with demand and its changes

圖 1、用電情況偵測[1]

智慧電網資通訊與資安技術應用研究

智慧電網的建製，凸顯出資通訊技術的重要，主要的改變是通訊網路，包含了網路規模、安全以及穩定性，而資訊管理系統也越趨複雜。此簡報內容討論電網中無線 VPN 以及雲端的建製，介紹一種新的無線 VPN 傳輸方式，能夠達到安全以及可靠度的提升，也建置了保護設備以面對隨之而來的資安風險。另外介紹了國家電網雲端平台，如圖 2 所示，該平台具備大量的資料處理以及更有效率的資源分配，並且藉由企業管理雲端平台以及公共服務雲端平台，整合了資訊技術架構資源、商業資料與應用。

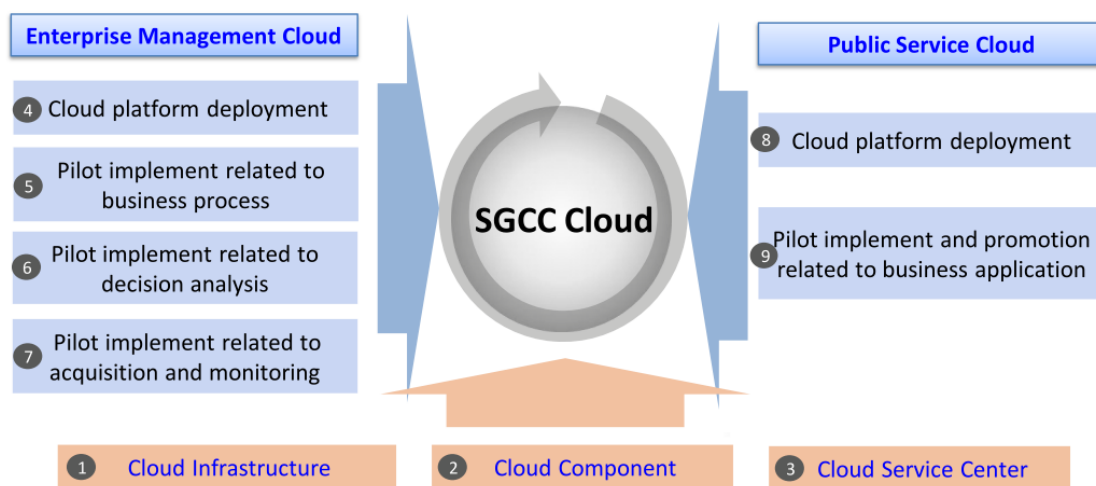


圖 2、國家電網雲端平台[1]

(三) Maintenance and Smart Distribution Network

本屆東亞電力技術研討會分組討論主題 3 為 Maintenance and Smart Distribution Network，一共有 4 篇論文發表，其中三篇與配電技術有關，分別為 KERI, Dr. Jeon Jin-hong 發表的低壓直流系統之控制與管理平台 (Test Platform for Power Control and Management System of Low Voltage DC Distribution System)、CRIPEI, Mr. Yasuhiko Miyake 發表的低壓用戶端的連接方法以改善配電系統的電壓不平衡(Connection Method of Low Voltage Customer to Improve Voltage Imbalance of the Power Distribution System)以及 CEPRI, Ms. Ren Zhengdong 發表的配電自動化在中國的發展與未來趨勢(Distribution Automation System in China and Future Trends)；一篇與維護技術有關，為 TPRI, Mr. Yen-Ting Lin 發表的高壓馬達線上監控與診斷方法(On-line Monitoring and Diagnosis Methods for High Voltage Motor in Power Plants)。

高壓馬達線上監控與診斷方法 (Mr. Yen-Ting Lin, TPRI)

台灣地區的大型水力、火力及核能電廠，大多已將電力監控應用於主輔

機系統中，藉由運轉資訊之蒐集、演算及邏輯控制等處理程序，作為自動化營運及管理作業之基礎。現行之監控系統尚無法提供偵測設備異常運轉及故障診斷等功能，為了逐步強化既有電力系統的監控功能，並輔以現代化的人工智慧電控裝置，將監測與診斷層面，擴展至用戶端或負載端設備上。因此，本文針對火力電廠輔機系統之高壓馬達設備，建置一套基於智慧電網下之高壓馬達系統狀態監測與診斷系統，內容將涵蓋三個主要物理量檢測方向，分別為振動，電量及局部放電之檢測與分析技術。文首先將建立高壓馬達之維護點檢要點與相關技術，其次提出高壓馬達線上智慧監視與預警診斷系統之資料庫與規格，最後建立高壓馬達運轉電量特徵值分析及線上即時監測與異常診斷技術。相信藉由本文之執行，不僅可提升輔機系統運轉的可靠度及效率，更可以大大降低機組運轉時發生突發性故障的機率，增加發電系統的安全並提高供電之可靠度。

馬達常見故障種類主要分為四大部分，分別為定子故障、轉子故障、軸承故障及對心故障，其各種故障種類之中又區分為數種故障類型，如圖 3 所示，為馬達常見四大故障示意圖。

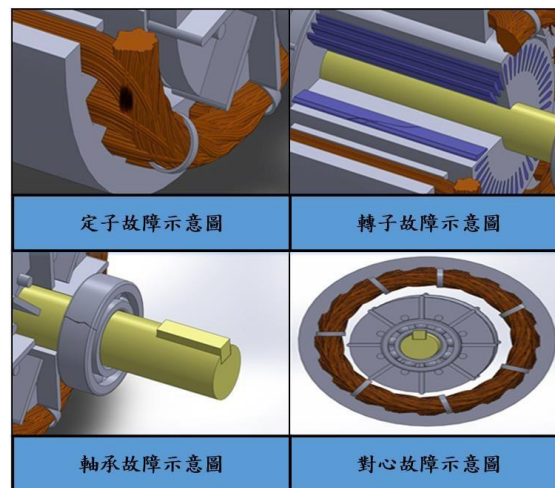


圖 3 馬達四大故障示意圖

高壓馬達階層式系統規劃

本文擬定採用階層式系統架構 (Hierarchical System Structure)來進行規劃與建構，此系統架構又稱為樹狀架構(Tree Structure)，右方為後端伺服系統，主要可由較高階的電腦或工業電腦所組成，其中包含主要的分析技術與資料庫。左方為前端嵌入式系統，嵌入式系統包含各種感測器，詳細架構圖如圖 4 所示。

(1) 前端嵌入式系統：前端嵌入式系統主要功能有兩個，其一為彙整各種感測器所傳送之感測資料，並透過通訊協定傳送至後端伺服系統；其二為藉由感測資料先進行初步的故障診斷，以利現場人員得知目前馬達的運轉狀態。

(2) 後端伺服系統：後端伺服系統主要功能有兩個，其一為針對馬達電氣與振動訊號進行各種較複雜且精密的故障診斷，此結果將可提供維護人員馬達各部件之大致故障情形，以利維護人員進行故障排除；其二為藉由資料庫將馬達電氣與振動之各種重要指標進行儲存，以利往後進行趨勢分析等等多種用途。

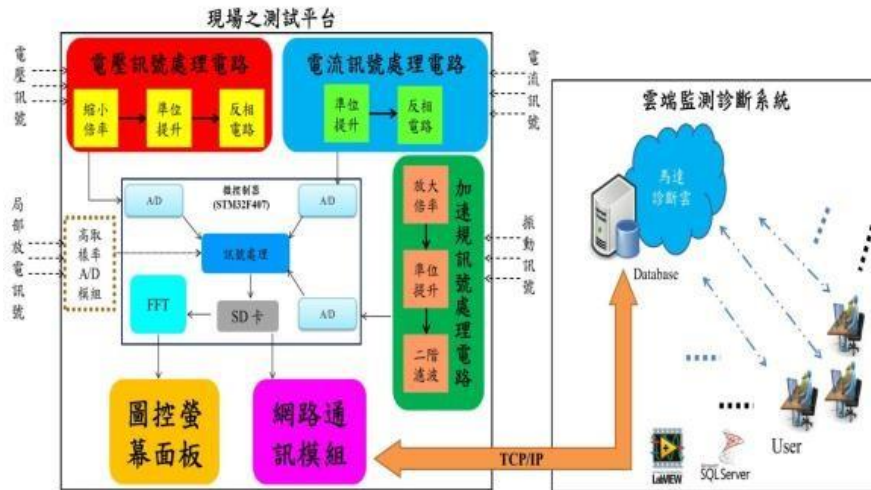


圖 4 階層式架構圖

高壓馬達階層式綜合診斷分析法

(1) 嵌入式系統判斷方法

第一階段系統流程如圖 5 所示，主要由前端感測器所量測之訊號，此訊號藉由硬體、軟體進行訊號轉換及前置處理，再針對各個指標擷取所需之特徵訊號，接著將各種指標匯入模糊系統去進行判斷，判斷後的結果即為單一檢測法對種故障的嚴重程度。

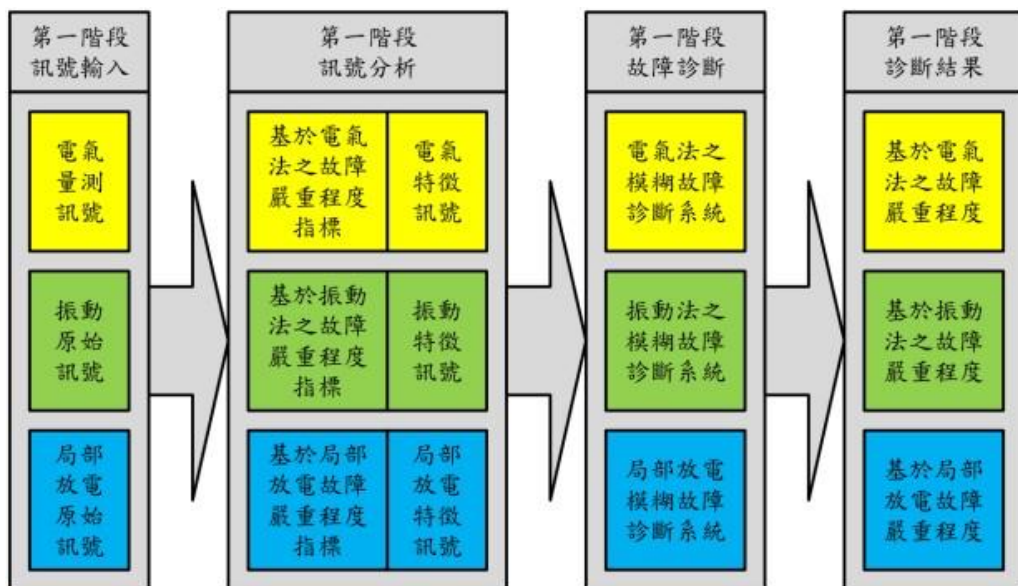


圖 5 第一階段系統流程圖

(2) 伺服器系統異常診斷技術

第二階段系統流程如圖 6 所示，是將第一階段分別來自各種檢測法的嚴重程度，加上現場設備的環境參數以及專家經驗，一並匯入綜合狀態監測診斷系統中進行總判斷，其輸出結果分為兩個部份，分別為：提供現場運轉人員簡單明確資訊的高壓馬達運轉狀態，以及停機後提供維修人員詳細需維修部件的故障形式分析統計介面。

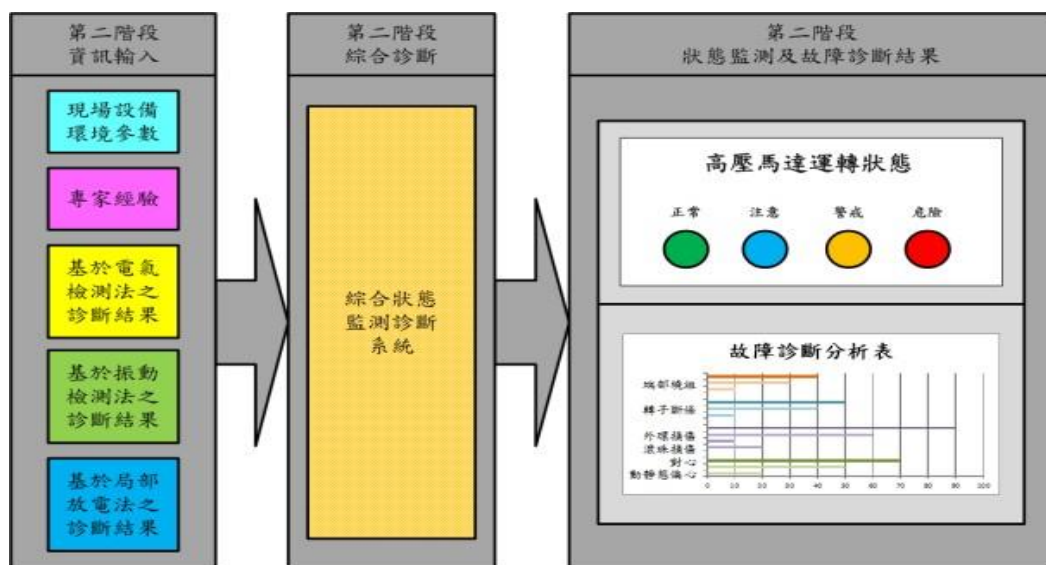


圖 6 第二階段系統流程圖

(a) 基於電氣法之模糊診斷系統

將量測到的三相電壓及三相電流作訊號轉換後，擷取時域和頻域特徵，分別針對馬達定子、轉子、軸承及不對心，利用模糊理論建立故障嚴重性指標，如圖 7 所示。



圖 7 電氣法模糊系統架構圖

(b) 基於振動法之模糊診斷系統

經過一連串的振動法指標建立及實驗分析後，使得模糊演算法的建立有著更穩健的支撐點，使振動法能建構出如圖 8 所示的分析流程，最終輸出一有效的嚴重程度指標圖，供後續電氣及局部放電檢測法進行綜合評估之依據。



圖 8 振動法模糊系統架構圖

本文已蒐集國內外相關文獻及標準、整理並歸納高壓馬達可能之弱點及故障、建立高壓馬達故障樹及影響因素分析評估，並建立高壓馬達電路模型、擬定高壓馬達線上智慧監視與預警診斷系統所需之線上監測項目、分析並評估高壓馬達定子與轉子之效能及適用性，建立高壓馬達於異常下之嚴重性指標。

透過本研究成果，未來可進一步針對發電廠之高壓馬達設備運轉物理量(電量及振動量)特徵值分析技術，開發高壓馬達線上即時智慧監測與線上診斷系統，使輔機系統更穩定，並提高機組運轉可靠度與效率。

低壓直流系統之控制與管理平台 (Dr. Jeon Jin-hong, KERI)

KERI(Korea Electrotechnology Research Institute 配電系統研究中心之研究領域主要包括：

- 微電網之設計、工程、控制、轉換、測試平台、展示等
- 分佈式能源(DER)之智慧化、控制、管理、標準化、標準化測試
- 儲能與能源管理系統(ESS)之最佳化操作、需量管理、需量反應等方面

近幾年 KERI 配電系統研究中心的主要研究議題為再生能源之 200KW 低壓電源供應系統、風場控制器的研發、應用 IEC61850 於智慧型分散式能源管理系統等方面。

近年來直流負載與直流輸出類型之分散式能源(Distribution energy resources)如光伏(photovoltaic)、儲能系統(Energy storage system)的增加，隨著電力電子技術之突破，直流技術的發展日新月異，相較於交流輸電系統，直流配電系統被認為是一個創新的系統。直流傳輸有以下的優點：

- 沒有電容導致升壓的問題；
- 對線路設備較安全、點對點之輸電容量大；

- 透用直流系統易與不同頻率交流系統互聯；
- 直流輸送電力僅需兩根導線，且其絕緣僅須按照其有效值設計（直流電峰值等於有效值）；
- 直流系統且無集膚效應，導線體積、重量和安全距離均比同容量的交流輸電線為低，減少線路占地與投資；
- 易搭配各式直流分散型電源(再生能源、燃料電池、壓電轉換器、熱電轉換器及一般電池使用等)透過直流系統與交流系統的連接；
- 直流無無功角穩定問題，不需要線路補償等優點，

因此具有分佈式能源(DES)與儲能系統(ESS)之新型建築或小型住宅區等微電網系統非常適合應用直流輸電技術。未來隨著再生能源的擴大使用，可以預期全球在直流微電網與配電系統的使用是逐漸成長的。但目前主要的困難與阻礙是缺乏直流配電系統之標準化與經驗，因此 KERI 建立低壓直流配電系統各種測試平台以驗證系統之效能。

本報告主要是介紹 KERI 建構之低壓直流配電系統的測試平台，此系統由兩部分所組成，模擬的部分是以 HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation)為基礎的管理系統；硬體的部分，是以 Pilot plant 為基礎，進行直流配電系統之控制與操作的演算。

低壓用戶端的連接方法以改善配電系統的電壓不平衡 (Mr. Yasuhiko Miyake, CRIEPI)

近年來隨著全球環保意識抬頭，分散式電源併接到配電電網的容量也日漸增加。日本於 2012 年新推出的住宅電價制度中訂定光伏系統 (PV)、電熱水器等設備之電價計價方式，增加大容量電子設備之使用率，但這些大容量電子設備單相連接至系統會引起系統三相電壓不平衡。因為光伏系統等再生能源之不穩定性，系統電壓不平衡的狀態隨時間而有所變動，此狀態亦不能以傳統的方式調控電壓，增加電壓管理上的困難。

日本配電系統中常有電壓不平衡的問題，日本電力公司於線路上安裝檢知器以監控電壓不平衡的現象，但改進配電系統的電壓不平衡的方式尚仍須持續研究探討。在報告中，CRIEPI 調查了電壓不平衡與負載之間的關係，以確認造成系統電壓不平衡之因素，並提出改變低壓用戶端的連接方法改善配電系統的電壓不平衡。其成果與可行性可由實際配電系統之實驗結果驗證。

配電系統電壓不平衡現象

根據調查可以發現造成配電系統電壓不平衡之原因主要有兩項:1.用戶端負載的不平衡連接；2.線間阻抗的不平衡。CRIEPI 建立模組，模擬用戶於單相連接大容量電子設備(光伏系統 (PV)、電熱水器等設備)而造成用戶端電

壓不平衡的情況。模擬之配電線路長度約 3.65 公里、電壓等極為 6.6kV、負載端以 delta 方式連接光伏系統 (PV)。從模擬結果可以得知 VCA 因連接 PV 系統，電壓會隨時間而變動，進而導致 VbC 領先 VCA 120°。相較於其他電壓相，白天有電壓上升、午夜有電壓降的情況發生。

提出的改善方法

本文提出改變配電變壓器三相連接的方式，以改善因負載端連接大容量電子設備所導致之三相不平衡現象。依照白天、黑夜不同電壓變動情況，將重載相與輕載相互換以改善三相不平衡。經模擬分析後白天之電壓不平衡率從 1.95%降低成 0.71%；黑夜的電壓不平衡率從 2.5%降低成 1.61%。本研究也實際試用於日本中國電力公司的配電系統中，其試驗線路總長度為 17.96 公里，線路使用鋼芯鋁絞線(Aluminium Conductors Steel Reinforced)。從量測到的資料顯示，白天之電壓不平衡率從 1.67%降低成 1.64%；黑夜的電壓不平衡率從 2.3%降低成 1.74%。從實際配電系統之實驗結果驗證了此方法之可行性。

配電自動化在中國的發展與未來趨勢 (Ms. Ren Zhengdong, CEPRI)

隨著資通訊科技不斷進步，民眾之生活品質日漸提升，對供電可靠之要求日益殷切，即使短時間之停電亦會造成用戶之不便與經濟之損失，且生活品質提升造成區域人口密度加重及交通量增加，不論都會區或偏遠地區之故障檢修，均已成為勞力密集與耗時的工作；僅以人力進行配電網路切換之傳統常開環路架構已漸無法滿足用戶需要，近年世界各國均全力推動配電饋線自動化，增加供電可靠度。本篇報告主要介紹中國配電自動化系統 (distribution automation systems)與未來趨勢。

配電自動化為無人化操作控制，可節省成本、降低維護或修復時間、並可以快速判斷系統運轉狀況。中國國家電網的配電自動化系統發展方略大致可分為三階段：第一階段於西元 2009 年開始發展，為配電自動化系統之規劃與試驗。第二階段為建置階段，2011 至 2013 進行標準化與推廣，至今(2015 年)已經涵蓋中國 71 個區約 3.4 萬平方公里。相較於傳統配電系統，配電自動化後平均停電恢復時間減少 83.6%、平均遠端運轉使用率為 87.81%、平均遠端操作成功率 94.07%、平均遠端信號精確度 86.53%。從 2016 年至 2020 年為第三階段，此階段為改進期，為了要改進中國配電自動化系統之建置，中國未來配電自動化發展之重點將放在如何以 Ipv6 為基礎建置一個公開、標準、統一的通訊網路架構以應用於配電自動化系統。

(四) Testing & Measurement

本 session 共有 5 篇簡報，韓國 KERI 報告 2 篇，分別是「Review of Parameter Determination Methods and Practical Application to Measured Data」與「Introduction of KERI's new 4000MVA Class High-power Test Facility」。

第 1 篇係介紹傳統斷路器試驗時，得到的試驗數據包含很大的不確定度 (uncertainty)，將達到試驗規範 IEC 62271 所要求的最大限度。因此，本簡報先歸納於 2014 年至 2016 年間，由韓國、中國及日本共同舉行之高電力實驗室亞洲會議 (Asian Meeting of High Power Laboratories, AMHPL) 討論結果，並發表最新之斷路器短路試驗數據評估方式及所需要之限制條件。

第 2 篇為介紹韓國 KERI 最新擴充之 4,000MVA 等級高壓試驗設備。本簡報介紹此計畫預算 1 億 4 千 5 百萬美金並花費五年時間 (由 2011 年~2016 年)，擴充了既有 4,000MVA 高壓試驗設備。此擴充使該實驗室可直接試驗 switch gear 最高至 28kV/130kA，以及變壓器最高至 345kV/400MVA (三相)；於綜合性試驗，可試驗斷路器至 550kV 與 80kA；短時間電流試驗最高可至 AC 130kA 與 DC 150kA。耐壓試驗設備可提高至 AC 1500kV/2A 或 DC 1000kV/2A。為 KERI 高壓試驗及認證業務提供更高品質。

日本 CRIEPI 報告 1 篇，即「Investigation on Degradation of Electrical Insulation on Highly Aged High Voltage XLPE Cable Systems」。本篇介紹 60kV 等級之 XLPE 電纜，於日本使用已超過 30 年 (建置於 1970 年代)，已達到當初設計之使用年限，故分析其機械結構之劣化，以及其診斷方法為當務之急，以維持系統供電之可靠度。本研究發現 water tree 為其劣化之肇因，故利用部分放電偵測技術以量測電纜劣化位置。

本所簡報 1 篇為「Analysis and Test of Sympathetic Inrush Current of Power Transformers」。變壓器上之誘導式湧浪電流將導致斷路器誤動作跳脫，使電力公司於系統運轉及維護上產生極大困擾，並對高壓用戶 (如半導體製造廠) 造成極大之金錢損失，故找出其主要原因及解決方法才能避免重複發生。本簡報介紹此現象之發生原因及可能影響之相關參數，並蒐集近年來實際發生案例作為參考，最後，提出建議與解決方法，例如加入斷路器投入時間點控制器，以抵銷湧浪電流...等，使此問題獲得相當良好之改善情形。

中國 CEPRI 報告 1 篇為「Development of Metrology for Digital Measurement Technology in China」。本篇為針對數位式設備如電子式儀表用變壓器 (EVT、ECT)、合併單元 (Merge Unit)，及數位式電表 (Digital Energy Meter)，提出一資料擷取度量與評估其優劣之方法。此監測設備於 2014 年建置在 110kV 等級 Dong Shan 變電所，主要為線上校正技術與電子儀表用設備之特性分析。監測設備包含：3 家不同廠家製造共 18 具電子式儀表用設備，並利用 6 具儀表用變壓器作為參考基準。最後，依據所蒐集到的資料，可顯示不

同電子式儀表用設備之誤差特性。

(五) Renewable Energy and Integration

再生能源整合

此技術研討內容主要是談論 1.電力供應與使用者之間的管理 2.再生能源預測 3.太陽光電發電系統整合於電網的控制與模型探討

主動型用戶的負載與電源供應的管理

日本中央電力研究院成立了一支電源供應與負載需求的先進管理研究團隊，主要負責用戶服務與配電系統。在日本正式進入電力自由化之後，將大量建置智慧電表於用戶端，會有更多的分散式電源加入系統。因此用戶對於電力使用將轉變為主動，意即提供電力給電網，用戶不僅會供應以及使用電力，更會在負載端進行能源管理，未來這些「主動式」的用戶行為將會影響電力品質，因此電力供應端與負載端之間的合作關係更顯得重要。日本中央電力研究院開發了一套社區型能源使用與管理的模擬工具，能夠有效地分析電費與發電設備的設計與操作，進而達到將負載消峰填谷的目的，如圖 9 所示。

- Suppression of PV power can be avoided without reverse power flow, by battery charging and running HP hot water supply during daytime.

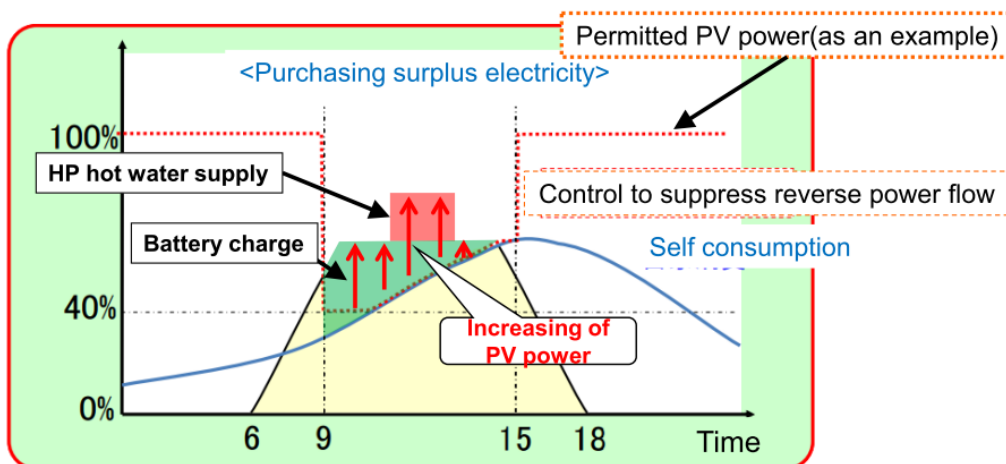


圖 9、用戶負載管理[1]

再生能源預測

風力與太陽光發電的多變與不確定性將對電網的調度與管理帶來挑戰。至目前為止，中國的風機裝置容量為 129000MWW，太陽光電為 43180MW，而有 90%的風場位於中國西部，而西部是一個嚴重缺少彈性電力的區域，因

此再生能源的預測更顯重要。在中國電科院底下的數位天氣預測中心，可將蒐集到的風力以及太陽光預測資料，搭配地理模型、細膩度模型以及發電系統模型，再經由統計分析預測發電量多寡。從 2007 年以來風力預測與系統開仍然持續進行中 到目前為止風力預測系統可涵蓋系統上 80GW 的風力發電；太陽光電預測則可涵蓋系統上 20GW 的太陽光電系統。

太陽光電發電系統整合於電網的控制與模型探討

中國的太陽光電發電系統主要位於西部以及北部，至 2016 年底前太陽光電發電裝置容量將達 60GW，對於電壓與頻率穩定、暫態穩定度以及電力品質造成衝擊，而此研討內容著重在太陽光電發電系統的動態模型建立。利用 Matlab 將太陽光電模板、換流器以及控制架構，等校成一模型，再利用人工事故接地所監錄到的波形進行參數調整，如圖 10 所示，而驗證出來之太陽光電發電模型，藉由內部控制架構，進行有效功率以及無效功率的調控。

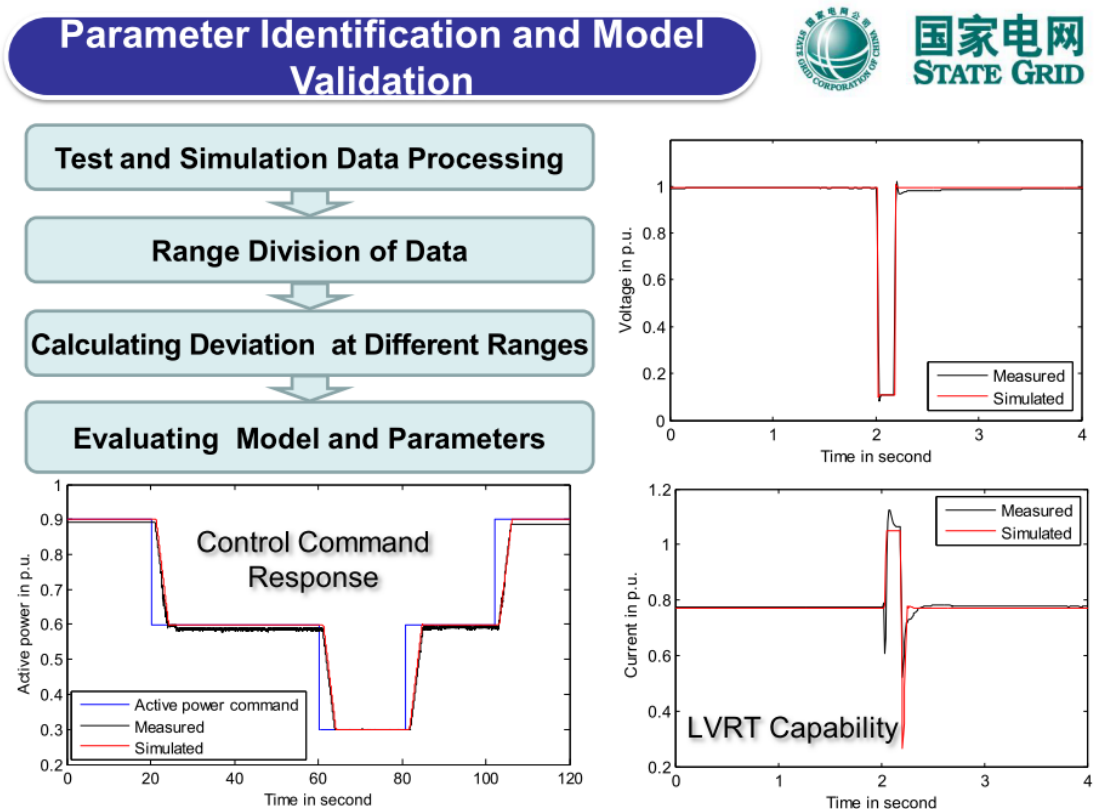


圖 10、太陽光電發電系統模型驗證[1]

(六) Materials, New Technologies and others

本屆東亞電力技術研討會分組討論主題 6 為 Materials, New Technologies and Others，一共有 4 篇論文發表，其中兩篇與電池技術有關，分別為 CRPEI, Mr. Hisashi Kato 發表的虛擬參考電極應用於商用鋰電池的劣化分析

(Degradation Analysis of Commercial Lithium-ion Batteries by Application of Pseudo Reference Electrode)以及 CEPRI, Dr. Hui Dong 發表的中國電科院於儲能技術之實務與應用(Energy Storage Practice and Application); 一篇與材料相關, 為 KERI, Dr. Jeong Hee-Jin 發表的奈米碳薄膜於軟性設備之應用(Test Platform for Power Control and Management System of Low Voltage DC Distribution System); 一篇為落雷偵測系統之運用, 為 TPRI, Mr. Yen-Ting Lin 發表的應用閃電落雷偵測系統降低輸電線路雷害之研究(The Application of Lightning Tracking Function against Lightning Damage on Transmission Line)。

奈米碳薄膜於軟性設備之應用 (Dr. Jeong Hee-Jin, KERI)

石墨烯 (Graphene) 是一種由碳原子以 sp^2 雜化軌道組成六角型呈蜂巢晶格的平面薄膜, 只有一個碳原子厚度的二維材料。石墨烯目前是最薄卻也是最堅硬的奈米材料, 它幾乎是完全透明的, 只吸收 2.3% 的光; 導熱系數高達 $5300 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, 高於碳奈米管和金剛石, 常溫下其電子遷移率超過 $15000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 又比奈米碳管或矽晶體 (monocrystalline silicon) 高, 而電阻率只約 $10^{-6} \Omega\cdot\text{cm}$, 比銅或銀更低, 為目前世上電阻率最小的材料。因為石墨烯的電阻率極低, 電子的移動速度極快, 因此被期待可用來發展出更薄、導電速度更快的新一代電子元件或電晶體。由於石墨烯實質上是一種透明、良好的導體, 也適合用來製造透明觸控螢幕、光板、甚至是太陽能電池。

因為電子主要從石墨烯場發射, 故使用石墨烯奈米片 (graphene nanosheets) 於軟性場發射應用的關鍵在相對低的溫度下將石墨烯奈米片垂直排列到聚合物基材上。基於以上所述之方法, KERI 使用熱焊接, 過濾和自組技術成功製造石墨烯的場發射器。另外也成功製造奈米碳管導電膜, 用於奈米碳柔性場發射裝置的陽極和陰極電極。

虛擬參考電極應用於商用鋰電池的劣化分析 (Mr. Hisashi Kato, CRIEPI)

現今太陽能和風力發電等不穩定的電源併接於電力系統之數量逐漸增加, 造成系統電壓不穩定。因鋰電池具有高能量密度和高輸出功率的存儲能量, 已逐漸使用於系統中以穩定電壓和頻率, 因此鋰電池之維護策略成為非常重要的議題, 鋰電池之劣化分析技術將有助於評估鋰電池之壽命。在這項研究中, CRIEPI 對大型鋰離子電池劣化行為進行一系列的測試與調查, 其測試條件與測試結果如下所示。

循環和存儲測試條件

- 30Ah class laminate pouch cell
 - 陰極: spinel LiMn_2O_4 , layer LiMeO_2

- 陽極：石墨

➤ 測試條件

- 循環測試：SOC 10-90%，速率 C / 2
- 保存試驗：SOC 50%，70%，100%
- 循環和存儲測試溫度：45.35, 25°C
- 容量測試：C / 20，25°C，範圍 4.1-2.5 V
- 每測試下都使用一個樣品

循環和存儲測試結果

- 循環數：720cycles
- 儲能時間：122 天
- 容量衰減率：隨著溫度的升高增加

Postmortem 分析

Postmortem 分析是在循環狀態下、SOC 50%老化、45°C的條件下進行。這些電池在氬氣手套箱中進行拆開和重新組裝。能力測試是在 C / 20 速率的半電池與“Nico- ichi”電池進行。

Nico -ichi”電池檢測技術

鋰電池的劣化是由陰陽級連續充放電所引起，本報告提出一種“Nico -ichi”電池檢測技術，分別檢測鋰電池陰陽級的劣化機制，透過實驗結果應證“Nico -ichi”之檢測鋰電池的劣化機制。“Nico -ichi”電池由兩個半電池、與一個參考電極所組成。藉由電壓與電容量的微分曲線，可以觀察出電池的循環次數與電壓與電容量的微分峰值之偏移位置之相關性，其結果可以判斷電池的劣化情形。本實驗驗證 Nico -ichi”為一種非破壞性檢測方法，從電壓與電容量微分峰值偏移量的檢測鋰電池的劣化情況，亦可應用於評估電池壽命。

應用閃電落雷偵測系統降低輸電線路雷害之研究 (Mr. Yen-Ting Lin, TPRI)

台電公司為因應輸配電線路雷害防制之需要，在 1989 年建置第 1 套雷擊對地閃絡觀測系統，針對台灣本島進行雷雲對地放電偵測，並於 2002 年更新為整合型閃電落雷偵測系統 (TLDS)，除了偵測雲對地 (CG)放電外，亦可偵測雷雲內部、雷雲對雷雲及雷雲對空氣等放電現象，以上的放電統稱為雲內放電(IC)。於 2013 年，台電完成新型 TLDS 更新，該系統主要由現場 8 座雷電偵測站所構成的一套落雷偵測網，可偵測台灣及鄰近海域所有雷雲放電之電磁輻射訊號，並利用台電微波通信 E1 電路，將各站偵測訊號傳送至綜研所樹林所區落雷中控室之資料處理伺服器，並進行 IC、CG 交叉定位及 CG

雷電流參數之演算，演算後的即時雷電資料，再經由固接網路傳送至台電公司相關單位，作為電力調度指引、雷事故預防、雷事故調查及雷害防制研究等應用。

綜研所於 2014 年 7 月起陸續在台電各供電區處區域調度中心(ADCC)安裝即時閃電追蹤軟體，提供調度運轉人員與現場同仁即時查詢落雷資料，以進行即時輸電線路防雷調度操作與掌握雷擊事故時間及地點，讓搶修人員能快速抵達事故點位置，有助於縮短事故故障排除與復電時間。雷雨季期間區域調度中心(ADCC)主任及運轉人員，每日依閃電追蹤警示系統之閃電警報信息，即時聯絡中央調度室(CDCC)視系統運轉狀況，開啟線路斷路器，防止線路遭受雷害導致發生電壓驟降。當閃電警報清除時，即可恢復線路斷路器之閉合，避免長時開啟而增加線路損失。

綜研所目前於閃電落雷偵測系統的應用項目包括：即時雷電追縱預警資料之服務、歷史雷電流參數資料庫建立、台灣地區雲對地落雷密度分佈圖更新、台電輸電線路礙子電網雷害分佈圖之更新，以及手機 APP 落雷警示系統建置等，並自 2014 年陸續連線至電力調度處、供電處、各供電區營運處等單位，作為電力調度、絕緣設計、線路規畫、雷事故調查等方面之應用。未來將依據各單位使用之情況，適當調整系統參數之設定，以期更符合台電公司於雷害防制，並推廣至其他單位之應用。

中國電科院於儲能技術之實務與應用 (Dr. Hui Dong, CEPRI)

中國電科院於儲能技術之核心主軸為 1.如何建造儲能系統。2.如何應用於電網上。在這兩大核心主軸之下，主要的研究內容包含各種電池(例如 LTO 電池、Redox Flow 電池、Zebra 電池、Lead-Carbon 電池、LPO 電池等等)之性能測試(Performance Testing)、不同電池之封包和安全保護技術(Pack and Safety Protection Technology)。另一部分內容為國網(State Grid)之儲能系統實務之經驗，包含 Time-shift 儲能設施、Peak-sheaving 儲能設施、利用儲能系統將 PV 系統、風力發電之輸出平整化，以改進負載端的電力品質。

由於電池技術之發展，電池連接方法、熱管理技術、絕緣技術之突破，大容量整合型電池和模組已經成功應用於示範項目之中。中國電科院於河北張北縣建立一座再生能源示範系統，系統容量包含風能 100MW、太陽能 40MW、電池系統 20 MW，其中 LiFePO4 為最大宗 14MW，其他包含 Vanadium redox flow 2MW、Li4Ti5O12 2 MW、Lead-acid 2MW，其電池系統之功能測試如下。

電池系統(BES)功能測試：

- 再生能源輸出之平整化:

平滑後，風/太陽能/電池系統之混合動力系統輸出功率在 15 分鐘內的波

動率為 6.95%，滿足 7%的控制目標。

- 發電功率、效率之追蹤:

電池的容許範圍通常設定在 20%至 80%之間。在這種模式下，能量存儲系統的 DOD 通常在 60%以內。根據風/太陽能/電池系統之調度計劃，儲能系統已經用於填補計劃值和實際值之間的差值，可達成遠程調度功率的需求。因此，再生能源發電的預測、控制、調度已在此示範系統中實施、驗證。

- 調節頻率

三、技術參訪

特高壓直流傳輸測試基地

中國國家電網安排參訪特高壓直流傳輸測試基地，並且介紹第一條特高壓直流傳輸工程。此測試基地位於北京昌平區，占地面積約 260000m²，可進行戶外測試以及特高壓直流線路測試，並且有電暈籠、絕緣與避雷器實驗室，環境與污染實驗室以及高壓直流轉換器實驗室。

中國第一個高壓直流輸電工程於 1987 年在舟山完工，而此後有許多±500kV 以下的高壓直流傳輸計劃也加入運轉。而向家壩到上海的±800kV 特高壓直流傳輸是由中國國家電網所建置，是目前全球電壓等級最高，輸電容量最大以及輸電距離最長的特超高壓直流輸電站，總輸電線路長度為 1915km，並且使用 ACSR-6×720mm² 的線路導體，額定容量為 6400MW，額定直流電流為 4000 安培。送電端的整流站是與金沙河電網連結，而在受電端的整流站是與中國東部電網連結，可傳輸的最大功率約占上海地區負載的 35%。該工程採用兩極(400kV+400kV)，每極使用兩組 12 個脈波換流器，以及可耐流 4500 安培的 6 吋閘流體。特高壓直流傳輸的優點除上述所提的輸電容量大以及輸電距離長之外，利用直流傳輸可降低輸電線路損失、投資成本比±500kV 直流輸電工程節省 20%，以及因採用雙極 12 脈波換流器串聯方式，故可提升系統可靠度。

大陸於特高壓試驗技術投入了相當大的心力，試驗場地與設備規模皆比本公司龐大許多。反觀本公司雖受限於場地與人力因素，但能夠針對特高壓試驗之關鍵技術建置相關試驗環境與標準試驗程序，如此雖不能於數量方面取得領先，但能夠於試驗品質及人員素質上，有更專精地發展及成長。

計量中心

此計量中心為進行電子儀表設備之校正試驗、數位式電表試驗、電子設備電磁相容性試驗、電子設備元件試驗...等，與本公司綜研所儀器組與電表組工作相似，然其中並未看見有關保護電驛試驗之相關部門。

中國電力用戶用電信息採集系統技術規範採用如下規範: Q/GDW1374.2-2013

電力用戶用電信息採集系統技術規範第 2 部分集中抄表終端技術規範、
Q/GDW1375.2-2013 電力用戶用電信息採集系統型式規範第 2 部分集中器型式規
範、Q/GDW1376.1-2013 電力用戶用電信息採集系統通信協議第 1 部分主站與採集
終端通信協議、Q/GDW1376.2-2013 電力用戶用電信息採集系統通信協議第 2 部分
集中器本地通信模塊介面協議、Q/GDW1376.3-2013 電力用戶用電信息採集系統通
信協議第 3 部分採集終端遠程通信模塊介面協議。

數位天氣預測中心

數位天氣預測中心於 2010 年設立，硬體設備具有 240 伺服器，960 個 CPU 以
及 476TB 的儲存空間，電腦運轉速度每秒可運算 53 兆次，天氣預測中心最先進的
技術是即時四維資料同步並且提供更佳的氣象預測資料。風力預測部分，可提供
分成極短時間預測、短時間預測以及中長程時間預測，而風力發電量預測方法為，
利用所預測出來之風力資料，搭配相觀相關模型以及統計方法進而達到功率預測
目的，每天下午 3 點前可預測隔日風力發電量。

參、心得與建議

- 榮幸能夠接受指派參與此次會議，而第一次參加國際型會議，因不曉得其步調，顯得有點無所適從，例如第一天晚上的開幕晚宴，由於是第一次見到其他會人員，難免會有不知道該談論何話題之窘境，但後來發現 KERI 的 Dr. Kim Young-Sun 是拿著會議議程逐一向人討教，這也是一種化解尷尬以及找話題的方法。
- 在技術討論簡報中也得知中日韓各國目前進行以及開發之技術，對比本所之研發情況，實力皆相當。大陸的文章偏向於電力基礎架構及電力建設計畫的介紹，講的面向較廣但並未談論到技術上的細節。韓國的文章偏向理論推導及模擬比對，於技術上有較多著墨，模擬案例亦分析地很詳細，唯缺少實際完成之展示。日本發表的文章重於技術探討與故障排除，有較多的實驗數據及分析比對結果，較為完整且詳細說明。
- 首次參加國際型會議且要以英語對談，難免有些緊張，但各參與單位皆非英語系國家，其實只要多點肢體語言、不使用太冷門詞彙，基本上都可了解對方所要表達的意思。建議未來參加會議之簡報人員，若因為英文不流利，而對於部分提問內容不甚了解的話，可在簡報結束後對提問者詢問相關內容，並正式回覆答案。
- 擔任主持人(Chairman)主要是介紹各演講者，並與各演講者所討論其簡報內容。此次有幸擔任 Session 的 Chair Person，能夠了解各國簡報之特色，並藉由主持國際研討會議學到如何掌握會議流程，實屬受益良多。

- 東亞電力技術討論會議為每年由不同國家主辦，建議每次會議結束後可指派下次會議參與人員以及簡報內容，可提早準備且充實相關內容。本公司目前面臨退休潮，建議往後採與會議方式，可由資深長官帶領新生代同仁，一方面可進行經驗傳承，一方面也可安撫新生代同仁首次參加國際會議之緊張心理。
- IEC 61850 先導系統與 ICT 於未來電力自動化之應用研究牽涉到上述的通訊、資安與未來智慧電網運行與控制研究等三議題，因研究小組本身任務範圍，我們在 3D SGAM 框架中目前關心的是 IEC 61850 標準中的 ICT。將來公司在智慧電網政策規劃上，建議整體考量各單位及研究組計畫之資源整合。
- 隨著環保意識的抬頭，各國使用再生能源的比例亦日漸增高，同時也面臨再生能源容量增加併網後對系統所造成的問題，例如電壓、頻率不穩定等等。本次研討會關於再生能源之研究過程與解決方法可提供本公司處理相關議題時之參考。
- 本次參訪中國國家電網特高壓試驗基地，其規模之大堪稱世界之最，研究能力覆蓋超/特高壓直流輸電關鍵領域，從此可觀察出中國發展直流輸電技術與高壓設備試驗檢驗技術之企圖與決心。
- 中國對於電表的管理模式與本公司類似，由國網(State Grid)轄下的電力科學研究院 (CEPRI)負責電表的檢測與智慧電表之推行。本次參訪 State Grid Center of Metrology 可以觀察出中國對智慧電表管理的要求很高，至今已智慧電表在中國已標準化、商品化，並配合一些商業的策略讓成本降低，其發展的經驗值得本公司借鏡。
- 本次研討會本國派出代表僅 6 人，是各國代表團中人數最少的一群(日本 8 人，韓國 11 人，主辦國大陸 17 人)，但本所於各個 session 皆有提出簡報，更擔任其中 3 個 session 的 chair person，參與度非常高。然而，此技術研討會係各國電力研究院科研成果發表之重要舞台，本國僅派出 6 人代表，且部分簡報為代表報告而非該領域負責人直接簡報，當技術交流時，往往因為非本職專司負責領域而無法進一步回應，非常可惜。故建議應於各個技術領域皆派出代表(至少需 8 人以上較為適合)，除了能夠更精闢明確地報告本所研發試驗成果外，其中專業技術的交流，更可促進電力技術之發展，並帶回寶貴的資訊回國，將其傳授給本公司其他同仁，以提升本公司技術水平，發揮本次技術研討會之最大價值。

肆、會議照片

